

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

PCT/JP2004/004664

31.3.2004

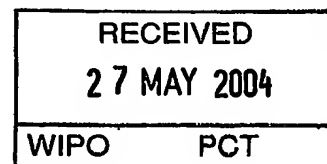
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日      2 0 0 3 年   4 月   2 日  
Date of Application:

出 願 番 号      特 願 2 0 0 3 - 0 9 9 5 7 0  
Application Number:  
[ST. 10/C]:      [J P 2 0 0 3 - 0 9 9 5 7 0]

出 願 人      住友電気工業株式会社  
Applicant(s):



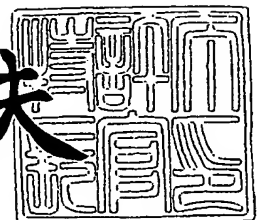
**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年   5 月 1 3 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 102H0616

【提出日】 平成15年 4月 2日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04B 10/20

【発明者】

【住所又は居所】 大阪市此花区島屋一丁目 1 番 3 号 住友電気工業株式会  
社大阪製作所内

【氏名】 矢田 勝啓

【特許出願人】

【識別番号】 000002130

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番 3 3 号

【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100087701

【弁理士】

【氏名又は名称】 稲岡 耕作

【選任した代理人】

【識別番号】 100101328

【弁理士】

【氏名又は名称】 川崎 実夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011028

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9716241

【プルーフの要否】

要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光増幅機能を有する P O N システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

親局と、受動型光分岐器を備える光分岐局の間を幹線光ファイバで接続し、光分岐局と複数の子局との間をそれぞれ支線光ファイバで接続した P O N (Passive Optical Network) システムにおいて、

光ファイバ（幹線光ファイバ、支線光ファイバを含むものとする。以下この項において同じ）を伝搬する光信号を増幅する効果を持つ波長の増幅用光を発生する増幅用光源と、前記増幅用光を前記光ファイバに注入するための光合分波器とを備え、光ファイバにおいて、親局・子局間で伝送される光信号が当該光ファイバを伝搬する間に、その光信号が増幅されることを特徴とする P O N システム。

【請求項 2】

光信号を増幅する機能として、ラマン増幅を用い、増幅用光は信号光と反対方向に伝搬することを特徴とする請求項 1 記載の P O N システム。

【請求項 3】

高非線形性ファイバを使用することを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 記載の P O N システム。

【請求項 4】

光信号を増幅する機能として、エルビウム添加ファイバ（E D F）を用い、増幅用光は信号光と同一方向であることを特徴とする請求項 1 記載の P O N システム。

【請求項 5】

増幅用光源と光合分波器が親局に設置され、増幅用光を、親局から光分岐局に向けて幹線光ファイバに注入することを特徴とする請求項 1 記載の P O N システム。

【請求項 6】

増幅用光源と光合分波器が光分岐局に設置され、増幅用光を、光合分波器から親局に向けて幹線光ファイバに注入することを特徴とする請求項 1 記載の P O N

システム。

【請求項 7】

第 2 の光合分波器と、第 3 の光合分波器と、第 2 の光合分波器と第 3 の光合分波器とを接続する光路とが光分岐局に設置され、上り信号用幹線光ファイバを伝送する増幅用光を、第 2 の光合分波器から取り出し、前記光路を通して第 3 の光合分波器に供給し、第 3 の光合分波器から親局に向けて下り信号用幹線光ファイバに注入することを特徴とする請求項 5 記載の P O N システム。

【請求項 8】

増幅用光源と光合分波器とが光分岐局に設置され、増幅用光を子局に向けて、受動型光分岐器を通して、支線光ファイバに注入することを特徴とする請求項 1 記載の P O N システム。

【請求項 9】

増幅用光源と光合分波器が親局に設置され、増幅用光を、親局から、光分岐局に向けて幹線光ファイバに注入し、光分岐局にて、増幅用光を幹線光ファイバに対して全反射させる反射器を設けたことを特徴とする請求項 1 記載の P O N システム。

【請求項 10】

増幅用光源と光合分波器が親局に設置され、増幅用光を、親局から、光分岐局に向けて幹線光ファイバに注入し、光分岐局に第 2 の光合分波器と反射器を設置し、幹線光ファイバを伝送する増幅用光を、第 2 の光合分波器から取り出し、前記反射器によって全反射させることを特徴とする請求項 1 記載の P O N システム。

【請求項 11】

光合分波器が光分岐局に設置され、  
親局と光分岐局との間に、幹線光ファイバ以外に光ファイバを設け、前記増幅用光源を親局に設置し、増幅用光を、前記光ファイバを通して光合分波器に供給し、増幅用光を、光合分波器から親局に向けて幹線光ファイバに注入することを特徴とする請求項 1 記載の P O N システム。

【請求項 12】

受動型光分岐器としてスターカプラーを使用する請求項5～請求項11のいずれかに記載のPONシステム。

#### 【請求項13】

親局と光分岐局との間に、幹線光ファイバ以外に光ファイバを設け、前記増幅用光源を親局に設置し、増幅用光を、前記光ファイバを通して光合分波器の子局側の1光路に、親局に向けて注入することを特徴とする請求項1記載のPONシステム。

#### 【請求項14】

受動型光分岐器として、波長の違いを利用して光を合波、分岐することができるAWG (Arrayed-Wavelength Grating)を使用することを特徴とする請求項5～請求項11のいずれか又は請求項13記載のPONシステム。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、親局と受動型光分岐器を備える光分岐局との間を幹線光ファイバで接続し、光分岐局と複数の子局との間をそれぞれ支線光ファイバで接続したPON (Passive Optical Network) システムに関するものである。

#### 【0002】

#### 【従来の技術】

親局と複数の子局との間を、光データ通信ネットワークを使って双方向通信するシステムにおいて、親局と各子局との間を、それぞれ1本の光ファイバで放射状に結ぶネットワーク構成が実用化されている (Single Star)。このネットワーク構成では、システム、機器構成は簡単になるが、各子局が1本の光ファイバを占有するので、システムの低価格化を図るのが困難である。

#### 【0003】

そこで、1本の光ファイバを、複数の子局で共有するPON (Passive Optical Network) システム (PDS (Passive Double Star) ともいう) が提案されている。このPONシステムは、親局と受動型光分岐器を備える光分岐局との間を幹線光ファイバで接続し、光分岐局と複数の子局との間をそれぞれ支線光ファイバで

接続したものである。

PONシステムでは、光伝送のために必要とされるパワーを確保するため、光分岐局に光増幅器を組み込んで、光ファイバを伝送する光信号を増幅する構成が提案されている。

【0004】

【特許文献1】 特開平9-181686号公報

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、前記の構成では、光増幅器を使用するため、その入手と設置にコストがかかり、また、設置後故障すればメンテナンスの手間がかかるという問題がある。

そこで、単体の光増幅器を使用しないで、増幅機能を、光ファイバーに分散して持たせることができれば、メンテナンスが容易になり、かつ、量産によるコストの低下も見込める。

【0006】

そこで、本発明は、光ファイバーに光増幅機能を持たせることができるPONシステムを提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明のPONシステムは、光ファイバ（幹線光ファイバ、支線光ファイバを含む）を伝搬する光信号を増幅する効果を持つ波長の増幅用光を発生する増幅用光源と、前記増幅用光を前記光ファイバに注入するための光合分波器とを備え、光ファイバにおいて、親局・子局間で伝送される光信号が当該光ファイバを伝搬する間に、その光信号が増幅されるものである（請求項1）。

【0008】

前記の構成によれば、増幅用光源を用いて、光信号を増幅する効果を持つ波長の増幅用光を発生し、光合分波器を通して、光ファイバに注入する。これにより、簡単に、当該光ファイバを伝送する信号光を増幅することができる。

光信号を増幅する機能として、ラマン増幅を用いれば、増幅用光を信号光と反

対方向に伝搬させることにより（請求項2）、当該光ファイバを伝送する信号光を分散して増幅することができる。図11は、ラマン増幅の条件を示すグラフであり、横軸に波長、縦軸に伝搬時の光電力をとっている。信号光と増幅用光は、互いに反対方向に伝搬するものとする。ラマン増幅を行うには、増幅用光の波長は、信号光の波長より約  $0.1 \mu\text{m}$  短ければよい。

#### 【0009】

さらに、当該増幅の条件として、ラマンゲイン  $(g_R/A_{\text{eff}}) P_p L_{\text{eff}}$  が  $0.1 \text{ dB}$  以上であることがこのましい。ここで、 $(g_R/A_{\text{eff}})$  は光ファイバのラマンゲイン係数、 $P_p$  は光ファイバに入力されるポンピングパワー、 $L_{\text{eff}}$  はポンピング光が作用する光ファイバに沿った実効距離である。

ラマン増幅を実現する光ファイバとして、高非線形性ファイバを使用することが可能である（請求項3）。高非線形性ファイバはラマンゲイン  $(g_R/A_{\text{eff}}) P_p L_{\text{eff}}$  が  $4 \text{ dB}$  以上の光ファイバをいう。例えばコア径を一般のシングルモード光ファイバよりわずかに細くすることにより製作することができる。この高非線形性ファイバを用いれば、強い非線形効果が得られるので、比較的弱い増幅光で高利得を得ることができる。なお、長距離伝送する場合などでは、高非線形性ファイバと SMF (Single Mode Fiber) とを接続し、増幅用光源に近い部分を高非線形性ファイバ、遠い部分を SMF で構成すると、一層効果的である。

#### 【0010】

また、ラマン増幅以外に、光信号を増幅する機能として、エルビウム添加ファイバ (EDF) を用いれば（請求項4）、エルビウムイオンの誘導放出を利用することによって、増幅用光と同一方向の信号光を増幅することができる。

以上の場合に、増幅用光を無変調光とすれば、さらに安定した増幅特性を得ることができる。

以下、本発明の PON システムの構成を説明する。括弧内の図番は、後述の実施形態で説明するときに用いる対応図番を表す。

#### 【0011】

親局に増幅用光源と光合分波器とを設置し、増幅用光を、親局から光分岐局に向けて幹線光ファイバに注入すれば、親局、光分岐局間で、光信号を増幅するこ



とができる（請求項5；図2）。子局からの光信号は、長い伝搬路を通り、親局－光分岐局間も、距離が長いことが多いので、この間の光信号の増幅は有効である。

光分岐局に増幅用光源と光合分波器とを設置し、増幅用光を、光合分波器から親局に向けて幹線光ファイバに注入すれば、親局、光分岐局間で、光信号を増幅することができる（請求項6；図3）。

#### 【0012】

請求項5記載の構成に追加して、第2の光合分波器と、第3の光合分波器と、第2の光合分波器と第3の光合分波器とを接続する光路とを光分岐局に設置し、上り信号用幹線光ファイバを伝送する増幅用光を、第2の光合分波器から取り出し、前記光路を通して第3の光合分波器に供給し、第3の光合分波器から親局に向けて下り信号用幹線光ファイバに注入することができる（請求項7；図4）。

この構成によれば、親局から上り信号用幹線光ファイバを伝送してきた増幅用光を、親局に向けて下り信号用幹線光ファイバに再度注入することにより、下り信号光を増幅できる。ここで、上り信号光と下り信号光を同じ波長にすれば、1つの増幅用光源で、上り下り両方の信号を効率よく増幅することができる。

#### 【0013】

光分岐局に増幅用光源と光合分波器とを設置し、増幅用光を子局に向けて、受動型光分岐器を通して、支線光ファイバに注入するという構成も採用できる（請求項8；図5）。この構成であれば、光分岐局、子局間の光信号の増幅を行うことができる。

また親局に、増幅用光源と光合分波器を設置し、増幅用光を、親局から、光分岐局に向けて幹線光ファイバに注入し、光分岐局にて、増幅用光を幹線光ファイバに対して全反射させる反射器を設ければ（請求項9；図6）、光分岐局に増幅用光源を設けなくとも、親局に設けた増幅用光源で光信号を増幅することができる。反射器は、例えばF B G (Fiber Bragg Grating)で実現できる。

#### 【0014】

親局に増幅用光源と光合分波器とを設置し、増幅用光を、親局から、光分岐局に向けて幹線光ファイバに注入し、光分岐局に第2の光合分波器と反射器を設置

し、幹線光ファイバを伝送する増幅用光を、第2の光合分波器から取り出し、前記反射器によって全反射させるという構成も採用できる（請求項10；図7）。光分岐局に増幅用光源を設けなくとも、親局に設けた増幅用光源で光信号を増幅することができる。

#### 【0015】

光分岐局に光合分波器を設置し、親局と光分岐局との間に、幹線光ファイバ以外に光ファイバを設け、前記増幅用光源を親局に設置し、増幅用光を、前記光ファイバを通して光合分波器に供給し、増幅用光を、光合分波器から親局に向けて幹線光ファイバに注入する構成も可能である（請求項11；図8）。この構成では、親局と光分岐局との間に光ファイバを布設することで、増幅用光源を光分岐局に設置する必要がないので、増幅用光源の保守管理が容易にできる。また受動型光分岐器により、光合分波器の動作が得られる。

#### 【0016】

前記請求項5～請求項11のシステム構成では、受動型光分岐器としてスターカプラーを使用することができる（請求項12）。安価なスターカプラーを使用することで、製造・管理コストを低減できる。

親局と光分岐局との間に、幹線光ファイバ以外に光ファイバを設け、前記増幅用光源を親局に設置し、増幅用光を、前記光ファイバを通して光合分波器の子局側の1光路に、親局に向けて注入するという構成も可能である（請求項13；図9）。

#### 【0017】

この構成では、親局と光分岐局との間に光ファイバを布設することで、増幅用光源を光分岐局に設置する必要がないので、増幅用光源の保守管理が容易にできる。また受動型光分岐器により、光合分波器の動作が得られる。したがって、受動型光分岐器とは別の光合分波器を用意する必要がなく、光分岐局の構成が簡単になる。

前記請求項5～請求項13（請求項12を除く）のシステム構成では、光分岐局として、異なる波長の光を合波、分岐することができるAWGを使用することができる（請求項14）。AWGを使用することで、低損失で増幅光を分離でき

る。

#### 【0018】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を、添付図面を参照しながら詳細に説明する。

##### —ネットワーク構成—

図1は、本発明の光増幅機能を有するPONシステムを示すブロック図である。局舎内のPONシステム構成部分を「親局」といい、加入者宅内のPONシステム構成部分を「子局」という。PONシステムは、親局1、複数の子局5、及び光分岐局（リモートノードともいう）3を備え、親局1と光分岐局3との間を幹線光ファイバ2で接続し、光分岐局3と複数の子局5との間をそれぞれ支線光ファイバ4で接続している。幹線光ファイバ2と支線光ファイバ4とを総称して「光ファイバ」という。光ファイバはシングルモードファイバを用いている。

#### 【0019】

親局1から子局5への下り伝送信号及び子局5から親局1への上り伝送信号は、それぞれパケットで構成される。

親局1は、上位のネットワーク（インターネットなど）から送られてくるパケットを受けて、光ネットワークを通して子局5に送り出し、子局5から送られてきたパケットを受信し、上位のネットワークに送り出す機能を有している。

親局1は、光ファイバとの接続端となる光伝送路終端装置OLT (Optical Line Terminals)、レイヤ2スイッチ、及び上位のネットワークの接続端となるブロードバンドアクセスルータを備えている。

#### 【0020】

子局5は、宅内に設置されるパーソナルコンピュータPCと、パーソナルコンピュータPCのブロードバンド信号を光ネットワークに送受する光加入者線終端装置ONU (Optical Network Unit)とを備えている。

前記PONシステムの動作を簡単に説明すると、上位のネットワークから親局1に入ってくる下りパケットは、親局1においてレイヤ2スイッチで所定の処理が行われる。そして、光伝送路終端装置OLTを通して光ネットワークに送信される。光ネットワークに送信された光信号は、光分岐局3で分岐され、光分岐局

3につながる一部又は全部の子局5に送信されるが、送信先アドレスの合致した子局5がその光信号を取り込み、パケットを復号解読する。

#### 【0021】

一方、子局5から送信される上りパケットは、光分岐局3を経由して親局1に送信される。親局1では、レイヤ2スイッチで所定の処理が行われた後、ここからブロードバンドアクセスルータを介して上位のネットワークに送信される。

以下、この光ネットワークに備えられる光増幅機能を説明する。

#### ー光増幅機能の実現1ー

図2は、親局1の光伝送路終端装置OLT、光分岐局3及び子局5の光加入者線終端装置ONU相互の接続状態を示すネットワーク構成図である。この構成は、OLTに増幅用レーザダイオード(LD)を設置して、光分岐局3から親局1までの上り信号を増幅している。

#### 【0022】

親局1の光伝送路終端装置OLTは、下り信号用のレーザダイオード(信号用LD;送信波長 $1.3\mu\text{m}$ )と、上り信号増幅用レーザダイオード(増幅用LD;送信波長 $1.4\mu\text{m}$ )と、上り信号用受光ダイオード(PD;受信波長 $1.5\mu\text{m}$ )を具備している。増幅用LDとPDとは、WDMF(Wavelength Division Multiplexing Filter;波長分割多重フィルタ)を通して幹線光ファイバ22に接続されている。

#### 【0023】

WDMFは、図10に示すように、誘電体基板60に導波路61、62を $\lambda$ 型に設け、導波路61、62の接点部に誘電体多層膜フィルター63を形成した構造を有する。導波路62を伝搬する波長 $\lambda_1$ の光は、接点部で反射され、導波路61を伝搬する波長 $\lambda_2$ の光は、接点部を通過する。反射する波長 $\lambda_1$ の範囲、通過する波長 $\lambda_2$ の範囲は、誘電体多層膜フィルター63の設計により設定することができ。

#### 【0024】

子局5の光加入者線終端装置ONUは、上り信号用のレーザダイオード(信号用LD;送信波長 $1.5\mu\text{m}$ )と、下り信号用受光ダイオード(PD;受信波長 $1.3$

$\mu\text{m}$ ) を具備している。

光分岐局 3 は、幹線光ファイバ 2 1 と、支線光ファイバ 4 1 とをつなぐ、光分波のためのスターカップラー 3 1 と、支線光ファイバ 4 2 と幹線光ファイバ 2 2 とをつなぐ、光合波のためのスターカップラー 3 2 とを備えている。

#### 【0025】

親局 1 の信号用 LD からの光は、幹線光ファイバ 2 1 を通り光分岐局 3 に入り、ここでスターカップラー 3 1 により複数（例えば 3 2）に分波されて、支線光ファイバ 4 1 にそれぞれ接続され、各子局 5 の PD により受光される。

子局 5 の信号用 LD からの光は、支線光ファイバ 4 2 を通って光分岐局 3 に入射され、ここでスターカップラー 3 2 により合波されて幹線光ファイバ 2 2 を通り親局 1 の光伝送路終端装置 OLT に入る。この上り信号用の光は、OLT の中で、WDMF により反射され、親局 1 の PD によって受光される。一方、親局 1 の増幅用 LD から照射された波長  $1.4\mu\text{m}$  の光は、WDMF を通過して、幹線光ファイバ 2 2 を伝搬し、さらにスターカップラー 3 2 で分波されて支線光ファイバ 4 2 を伝搬する。この波長  $1.4\mu\text{m}$  の光は、上り信号用の波長  $1.5\mu\text{m}$  の光より波長が約  $0.1\mu\text{m}$  短いので、この間に、上り信号用の波長  $1.5\mu\text{m}$  の光を増幅することができる。

#### 【0026】

なお、幹線光ファイバ 2 2 の局側部分の、例えば 3 km 分を高非線形性ファイバで、残りの部分を SMF で構成することにより、さらに効果的に上り信号光を増幅できる。

ラマン増幅を用いる場合、強いパワーの増幅用光が必要となり、安全上の配慮が必要となるが、本構成では、伝送路・スターカップラーにより増幅光が減衰されるため、一般加入者が触れる可能性の高い加入者宅及び ONU での増幅用光のパワーは十分減衰しており、安全上の配慮が不要か、若しくは簡単な配慮で済むようになる。

#### 【0027】

##### 一光増幅機能の実現 2 一

図 3 は、親局 1 の光伝送路終端装置 OLT、光分岐局 3、及び子局 5 の光加入

者線終端装置ONU相互の接続状態を示すネットワーク構成図である。この構成では、図2の構成に加えて、光分岐局3にも増幅用LDを設置して、親局1からの下り信号を増幅している。

図2から追加された部分のみを説明すると、光分岐局3に、増幅用LD（送信波長 $1.2\mu\text{m}$ ）が設置され、増幅用LDからの増幅光は、WDMFを通して下り幹線光ファイバ21に接続されている。OLTから下り幹線光ファイバ21を伝搬する信号光は、WDMFで反射され、スターカップラー31に入る。一方、親局1の増幅用LDから照射された増幅用光は、WDMFを通過して、親局1と光分岐局3との間の幹線光ファイバ21を伝搬する。この増幅用光の波長 $1.2\mu\text{m}$ は、下り信号用の波長 $1.3\mu\text{m}$ の光より、波長が約 $0.1\mu\text{m}$ 短いので、この間に、下り信号用の光を増幅することができる。

#### 【0028】

なお、本実施例では、光分岐局に増幅用LDを設置しているが、OLTでも光分岐局でもない別の局を用意し、そこに増幅用LDを集中的に設置することも可能である。この場合、例えばOLTから離れた一部地域にONUが集中し、その地域の光分岐局同士の距離が短い場合に、各光分岐局ごとに増幅用LDを設置する必要がなくなり、コストを低減できる。

#### －光増幅機能の実現3－

図4は、親局1の光伝送路終端装置OLT、光分岐局3、及び子局5の光加入者線終端装置ONU相互の接続状態を示すネットワーク構成図である。この構成では、親局1の光伝送路終端装置OLTに増幅用LDを1つ設置するだけで、親局1への上り信号と、親局1からの下り信号を増幅できる。

#### 【0029】

親局1の光伝送路終端装置OLTの構成は、図2、図3を用いて説明したのと全く同様である。ただし、増幅用LDの送信波長が $1.2\mu\text{m}$ であるところが違っている。

光分岐局3においては、WDMFが2つ設けられている。1つのWDMFaは、OLTの増幅用LDからの光を反射させて、もう一つのWDMFbに入力している。このWDMFbに入力された光は、下り幹線光ファイバ21を通してOLT

まで到達する。この増幅用光の波長 $1.2\mu\text{m}$ は、下り信号用の波長 $1.3\mu\text{m}$ の光より、波長が約 $0.1\mu\text{m}$ 短いので、この間に、下り信号用の光を増幅することができる。なお、親局1の信号用LDからの波長 $1.3\mu\text{m}$ の光は、WDMFbで反射されてスターカップラー31に入っている。

#### 【0030】

この構成によれば、親局1の増幅用LDの光を、光分岐局3の2つのWDMFa、WDMFbを経由して、下りと上りの幹線光ファイバに通すことによって、親局1からの下り信号を増幅することができる。これによって、親局1の増幅用LDによって上り増幅光を供給できるため、光分岐局3を無電源化しながら、下り信号光を増幅することができる。

なお、上り信号光を下り信号光と同じ波長 $1.3\mu\text{m}$ にすれば、1つの増幅用LDで、上り下り両方の信号を効率よく増幅することができる。

#### 【0031】

なお、本実施例では、光分岐局にはWDMFとスターカップラーとを2つずつ用意したが、スターカップラーの代わりにAWGを使用する場合は、AWGのうちの増幅用光の波長にあたるもの同士を接続することによって、同様の効果を得ることができる。

#### ー光増幅機能の実現4ー

図5は、図3の構成に追加して、子局5の光加入者線終端装置ONUから親局1の光伝送路終端装置OLTへ上り光信号を、光分岐局3に設置した増幅用LDbの光によって増幅するPONシステムの構成を示している。

#### 【0032】

図3から追加された部分のみを説明すると、光分岐局3に、増幅用LDb（送信波長 $1.2\mu\text{m}$ ）が設置され、増幅用LDbからの増幅光は、WDMFを通してスターカップラー32に入り分波されて、各子局5への支線光ファイバ42に伝搬される。ONUの信号用LDからの上り信号（送信波長 $1.3\mu\text{m}$ ）は、光分岐局3に到達する間に、支線光ファイバ42の中で、前記増幅光により、増幅される。

。

#### 【0033】

なお、本実施例では、WDMFと、1対Nのスターカップラーとを使用したのが、2対Nのスターカップラーのみでも同様の効果を実現できる。この場合、光パワーは半減するものの、WDMFが不要となるため低価格化、小型化が実現できる。

#### －光増幅機能の実現 5－

以下の例では、光信号を双方向に伝搬させるシングルモード光ファイバを用いている。

#### 【0034】

図6は、親局1の光伝送路終端装置OLT、子局5の光加入者線終端装置ONU相互の接続状態を示すネットワーク構成図である。この構成は、OLTに2つの増幅用LD2、LD3を設置して、LD2の光を親局1と光分岐局3との間の幹線光ファイバ2を伝搬する下り信号を増幅し、LD3の光で、親局1と光分岐局3との間の幹線光ファイバ2、及び光分岐局3と子局5の間の支線光ファイバ4を伝搬する上り信号を増幅している。

#### 【0035】

親局1の光伝送路終端装置OLTは、下り信号用のレーザダイオード（信号用LD1；送信波長 $1.5\mu\text{m}$ ）と、下り信号増幅用レーザダイオード（増幅用LD2；送信波長 $1.4\mu\text{m}$ ）と、上り信号増幅用レーザダイオード（増幅用LD3；送信波長 $1.2\mu\text{m}$ ）と、受光ダイオード（PD；受信波長 $1.3\mu\text{m}$ ）と、3つのWDMFa～WDMFcを具備している。増幅用LD2の光は、第1のWDMFaで反射され、第3のWDMFcで反射され、光分岐局3まで幹線光ファイバ2を伝搬していく。増幅用LD3の光は、第2のWDMFb、第3のWDMFcを通過して、光分岐局3まで幹線光ファイバ2を伝搬していく。

#### 【0036】

光分岐局3では、バンドエリミネーション型の光通過フィルタFBG (Fiber Bragg Grating) 34が挿入されている。この光通過フィルタは、波長 $1.4\mu\text{m}$ の光を反射させ、それ以外の波長の光を通過させる。このため、増幅用LD2からの波長 $1.4\mu\text{m}$ の光は反射されて親局1に戻る。これにより、信号用LD1の波長 $1.5\mu\text{m}$ の光は、幹線光ファイバ2を伝搬するときに戻ってきた増幅用LD2の波長



1.4 $\mu$ mの光により増幅される。これによって、親局1の増幅用LD2によって上り増幅光を供給できるため、光分岐局3を無電源化しながら、下り信号光を増幅することができる。

#### 【0037】

増幅用LD3からの波長1.2 $\mu$ mの光はFBG34を通過して、光合分波器として機能するスターカップラー33で分波されて、各子局5までの支線光ファイバ4を伝送する。

子局5の光加入者線終端装置ONUは、上り信号用のレーザダイオード（信号用LD；送信波長1.3 $\mu$ m）と、下り信号用受光ダイオード（PD；受信波長1.5 $\mu$ m）と、WDMFとを搭載している。支線光ファイバ4から伝搬してきた下り信号は、WDMFで反射してPDに送られる。信号用LDからの光は、WDMFを通過して支線光ファイバ4を上り方向に伝搬する。

#### 【0038】

この信号用LDからの上り信号用光の波長は1.3 $\mu$ mであり、増幅用LD3からの下り増幅用光の波長は1.2 $\mu$ mであるので、この信号用LDからの上り信号用光は、光分岐局3と子局5の間の支線光ファイバ4を伝搬する間に増幅されるとともに、親局1と光分岐局3との間の幹線光ファイバ2を伝搬する間に増幅される。

#### －光増幅機能の実現6－

図7は、親局1の光伝送路終端装置OLT及び子局5の光加入者線終端装置ONU相互の接続状態を示すネットワーク構成図である。この構成では、親局1に2つの増幅用LD2、LD3を設置して、LD2の光で親局1と光分岐局3との間の幹線光ファイバ2を伝搬する下り信号を増幅し、LD3の光で親局1と光分岐局3との間の幹線光ファイバ2、及び光分岐局3と子局5の間の支線光ファイバ4を伝搬する上り信号を増幅している。

#### 【0039】

図6と相違する点は、下り信号用のレーザダイオードLD1の送信波長が1.3 $\mu$ mであり、受光ダイオードPDの受信波長が1.5 $\mu$ mであり、増幅用LD2の送信波長が1.2 $\mu$ mであり、増幅用LD3の送信波長が1.4 $\mu$ mとなっていることと、

光分岐局 3 に、WDMFd と、バンド反射型の光反射フィルタ FBG34 と、両素子を接続する光ファイバ 35 が設置されていることである。この WDMFd は、波長  $1.2\mu\text{m}$  の光を反射させ、それ以外の波長の光を通過させる。光反射フィルタ FBG34 は、WDMFd から反射された波長  $1.2\mu\text{m}$  の光を全反射させる。

#### 【0040】

このため、増幅用 LD2 からの波長  $1.2\mu\text{m}$  の光は、WDMFd に戻り、幹線光ファイバ 2 を伝搬して親局 1 に戻る。これにより、信号用 LD1 の波長  $1.3\mu\text{m}$  の光は、幹線光ファイバ 2 を伝搬するときに、戻ってきた増幅用 LD2 の波長  $1.2\mu\text{m}$  の光により増幅される。これによって、親局 1 の増幅用 LD2 によって上り増幅用光を供給できるため、光分岐局 3 を無電源化しながら、下り信号光を増幅することができる。

#### 【0041】

増幅用 LD3 からの波長  $1.4\mu\text{m}$  の光は通過して、光合分波器として機能するスターカップラー 33 で分波されて、各子局 5 までの支線光ファイバ 4 を伝送する。

子局 5 は、上り信号用 LD の送信波長が  $1.5\mu\text{m}$  であり、下り信号用 PD の受信波長が  $1.3\mu\text{m}$  と、図 6 と逆になっているところが相違しているのみである。

この信号用 LD からの波長  $1.5\mu\text{m}$  の上り信号用光は、光分岐局 3 と子局 5 の間の支線光ファイバ 4 を伝搬する間に、増幅用 LD3 からの波長  $1.4\mu\text{m}$  の光で増幅され、親局 1 と光分岐局 3 との間の幹線光ファイバ 2 を伝搬する間にも増幅用 LD3 からの波長  $1.4\mu\text{m}$  の光で増幅される。

#### 【0042】

なお、前記 FBG34 に代えて、WDMFd からの反射光を伝搬させる光ファイバ 35 の端面を、金属膜コーティングなどで反射処理してもよい。これにより WDMFd から反射された波長  $1.2\mu\text{m}$  の光を全反射させることができる。

また、本実施例では、スターカップラーの前の WDMF にて増幅用光を抽出しているが、光合分波器 33 として AWG を使用する場合には、該当増幅用光を抽出するポートに全反射させるデバイス (FBG、全反射するように端面加工された光ファイバなど) を設置することでも、同様の効果を得ることができる。

## 【0043】

## －光増幅機能の実現 7－

図 8 は、親局 1 の光伝送路終端装置 OLT、子局 5 の光加入者線終端装置 ONU 相互の接続状態を示すネットワーク構成図である。この構成では、親局 1 に 2 つの増幅用 LD1, LD2 を設置して、親局 1 と光分岐局 3 との間の幹線光ファイバ 2 を伝搬する上り、下り信号を増幅している。

親局 1 の光伝送路終端装置 OLT は、信号用の 8 つのレーザダイオード（信号用 LD1～LD8；送信波長  $1.5\mu\text{m}$  帯）と、下り信号増幅用レーザダイオード（増幅用 LD2；送信波長  $1.4\mu\text{m}$ ）と、上り信号増幅用レーザダイオード（増幅用 LD1 送信波長  $1.2\mu\text{m}$ ）と、8 つの受光ダイオード（PD1～PD8；受信波長  $1.3\mu\text{m}$  帯）と、2 つの AWG (Arrayed-Wavelength Grating) と、2 つの WDMF を搭載している。

## 【0044】

前記 8 つの送信信号は、AWG により波長多重 (WDM) されて、幹線光ファイバを伝搬する。受信信号は AWG により波長ごとに分波されて各 PD により受光される。

また、親局 1 と光分岐局 3 との間に単独に光ファイバ 23 が配設されている。

光分岐局 3 では、WDMF と AWG とが設置されている。WDMF は、増幅用 LD2 からの波長  $1.4\mu\text{m}$  の光を反射し、他の光は通過させる。AWG 波、幹線光ファイバ 2 を伝搬してきた下り信号を波長ごとに分波し、支線光ファイバ 4 を通して各 ONU に送り出す。

## 【0045】

この構成の動作を説明する。増幅用 LD2 の波長  $1.4\mu\text{m}$  の光は、単独に配設された光ファイバ 23 を通して光分岐局 3 に達し、光分岐局 3 で WDMF により反射されて幹線光ファイバ 2 を上り方向に伝搬して、親局 1 に戻る。

増幅用 LD1 の波長  $1.2\mu\text{m}$  の光は、2 つの WDMF を通過して、幹線光ファイバ 2 を下り方向に伝搬していく。

一方、親局 1 の信号用 LD1～LD8 のいずれか（例えば信号用 LD1 とする）から出射された波長  $1.5\mu\text{m}$  帯の光信号は、AWG を通って、WDMF で反射さ

れて、幹線光ファイバ2を出て行く。この伝搬時に、増幅用LD2の波長 $1.4\mu\text{m}$ の戻り光により増幅される。これによって、親局1の増幅用LD2によって上り増幅光を供給できるため、光分岐局3を無電源化しながら、下り信号光を増幅することができる。

#### 【0046】

子局5から出て、光分岐局3に達した波長 $1.3\mu\text{m}$ の光は、光分岐局3の中のAWG、WDMFを通過して、幹線光ファイバ2を伝搬して親局1に到達する。この幹線光ファイバ2の伝搬時に、増幅用LD1の波長 $1.2\mu\text{m}$ の光により増幅される。

このように、上り下りの光信号ともに、増幅用LD1、LD2の光により増幅することができる。

#### 【0047】

なお、幹線光ファイバ2に高非線形性ファイバを、もう一方の光ファイバ23にSMFを使用するとさらに効果的である。

#### －光増幅機能の実現8－

図9は、親局1の光伝送路終端装置OLT子局5の光加入者線終端装置ONU相互の接続状態を示すネットワーク構成図である。この構成は、図8と同様、親局1に2つの増幅用LD1、LD2を設置して、親局1と光分岐局3との間の幹線光ファイバ2を伝搬する上り、下り信号を増幅している。

#### 【0048】

図8と異なるところは、光分岐局3において、WDMFを設置するのに代えて、単独に配設された光ファイバ23を伝搬してきた増幅用LD2の光を、子局5からの光と同様、AWGの子局5側の一分岐から、AWGに入れていることである。

これにより、光分岐局3・親局1間の幹線光ファイバ2に、親局1に向かって波長 $1.4\mu\text{m}$ の増幅用の光を伝搬させることができる。したがって、親局1から出る波長 $1.5\mu\text{m}$ の下り信号用光を増幅することができる。これによって、親局1の増幅用LD2によって上り増幅光を供給できるため、光分岐局3を無電源化しながら、下り信号光を増幅することができる。

## 【0049】

以上で、本発明の実施の形態を説明したが、本発明の実施は、前記の形態に限定されるものではない。例えば、以上の実施形態では、子局のONUには、上り信号用LDと下り信号用PDをそれぞれ具備していたが、上り信号用LDを省略し、下り信号として入射される光を3dBカップラーで分波して、波長を変える変調処理（特開2001-177505号参照）を行って、上り信号光として利用してもよい。その他、本発明の範囲内で種々の変更を施すことが可能である。

## 【0050】

## 【実施例】

図2の構成において、電力設計例を説明する。

OLTの信号用LDの光電力；0 dBm

OLTの増幅用LDの光電力；25 dBm

幹線光ファイバ21の損失；0.3 dB/km×6 km

幹線光ファイバ21のラマン利得；+0.35 dB/km×6 km

スターカップラー31の分波／合波損失；18.5 dB

支線光ファイバ41の損失；0.2 dB/km×1 km

ONUの信号用LDの光電力；-8 dBm

WDMFの透過／反射損失；0.5 dB

以上の場合、ONUからの上り信号光が支線光ファイバ41を伝搬してスターカップラー31を通過した地点で、信号電力は-26.7 dBmとなる。

## 【0051】

OLTの増幅用LDがない場合、親局に到達した上り信号の、OLTのPD受信電力は、-29 dBmである。

OLTの増幅用LDを発光させた場合、親局のOLTのPD受信電力は、幹線光ファイバ21での利得2.1 dBが加わって、-26.9 dBmとなる。

なお、OLTの増幅用LDの光が、スターカップラー31で分波されて、ONUに到達した場合の、子局での受信電力は、4 dBmとなる。これは、加入者が触れても安全なパワーとなっている。

## 【0052】

**【発明の効果】**

以上のように本発明によれば、光ファイバーに光増幅機能を持たせることにより、光分岐局に光増幅器を用意する必要がなく、簡単な構成のPONシステムを実現することができる。

**【図面の簡単な説明】****【図 1】**

本発明の光増幅機能を有するPONシステムの全体を示すブロック図である。

**【図 2】**

親局に増幅用LDを設置して、幹線及び支線光ファイバを伝搬する上り信号を増幅する本発明のPONシステムを示す構成図である。

**【図 3】**

光分岐局にも増幅用LDを設置して、親局からの下り信号を増幅する本発明のPONシステムを示す構成図である。

**【図 4】**

親局に増幅用LDを1つ設置するだけで、親局への上り信号と、親局からの下り信号を増幅することのできる本発明のPONシステムを示す構成図である。

**【図 5】**

図3の構成に追加して、子局から親局へ上り光信号を、光分岐局に設置した増幅用LDbの光によって増幅するPONシステムの構成を示す構成図である。

**【図 6】**

親局に2つの増幅用LD2, LD3を設置して、LD2の光で幹線光ファイバを伝搬する下り信号を増幅し、LD3の光で幹線及び支線光ファイバを伝搬する上り信号を増幅することのできる本発明のPONシステムを示す構成図である。

**【図 7】**

親局に2つの増幅用LD2, LD3を設置して、LD2の光で幹線光ファイバを伝搬する下り信号を増幅し、LD3の光で幹線及び支線光ファイバを伝搬する上り信号を増幅することのできる本発明のPONシステムを示す構成図である。

**【図 8】**

親局に2つの増幅用LD1, LD2を設置して、幹線光ファイバを伝搬する上

り、下り信号を増幅することのできる本発明のPONシステムを示す構成図である。

**【図9】**

親局に2つの増幅用LD1, LD2を設置して、幹線光ファイバを伝搬する上り、下り信号を増幅することのできる本発明のPONシステムを示す構成図である。

**【図10】**

WDMFの構造を示す斜視図である。

**【図11】**

ラマン増幅の波長対光電力の条件を示すグラフである。

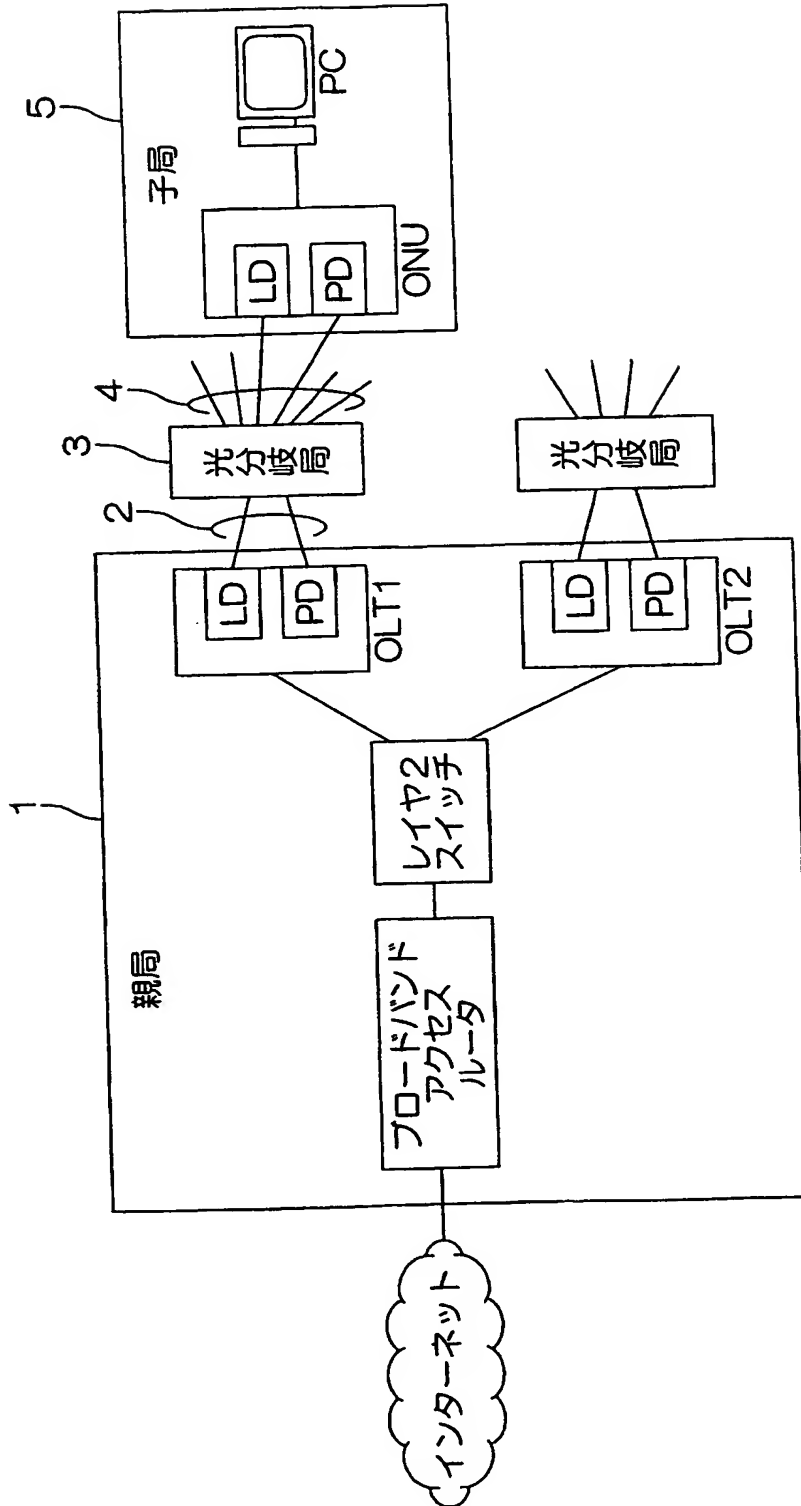
**【符号の説明】**

- 1 親局
- 2, 21, 22 幹線光ファイバ
- 3 光分岐局
- 31, 32, 33 スターカップラー
- 4, 41, 42 支線光ファイバ
- 5 子局
- LD レーザダイオード
- PD フォトダイオード
- WDMF 波長分割多重フィルタ
- FBG Fiber Bragg Grating
- AWG Arrayed-Wavelength Grating
- OLT 親局の光伝送路終端装置
- ONU 子局の光加入者線終端装置

【書類名】

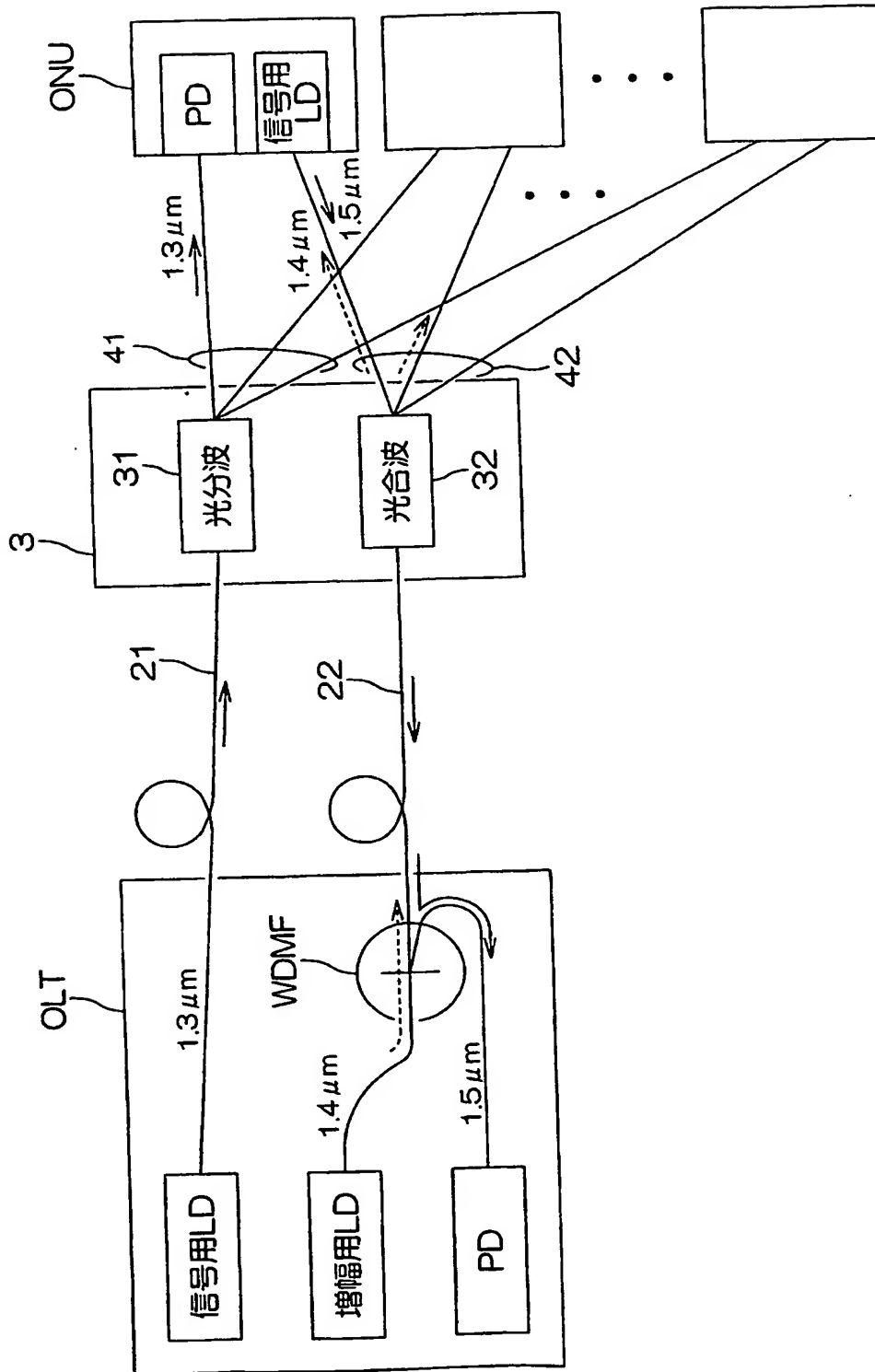
図面

【図 1】

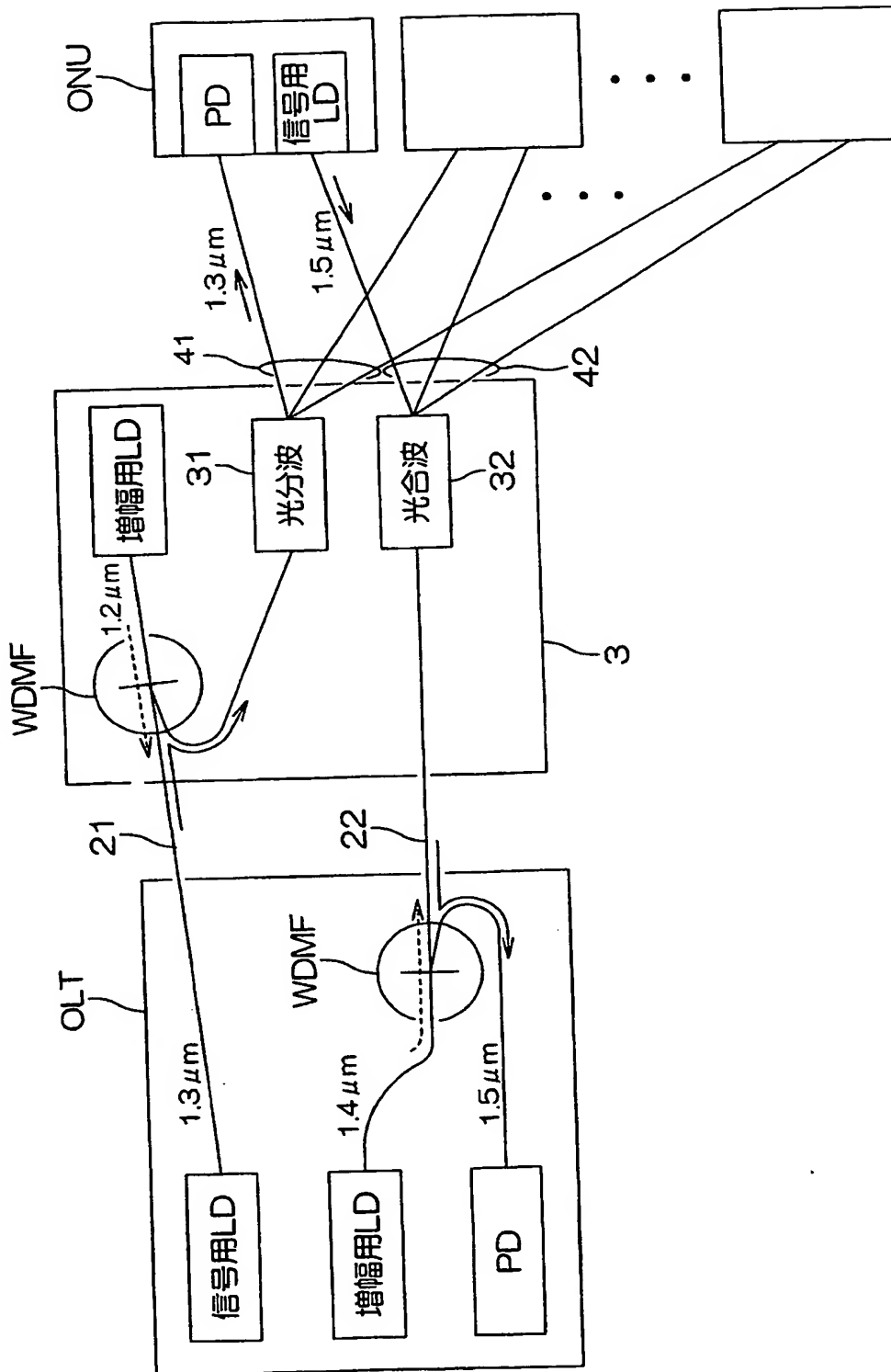




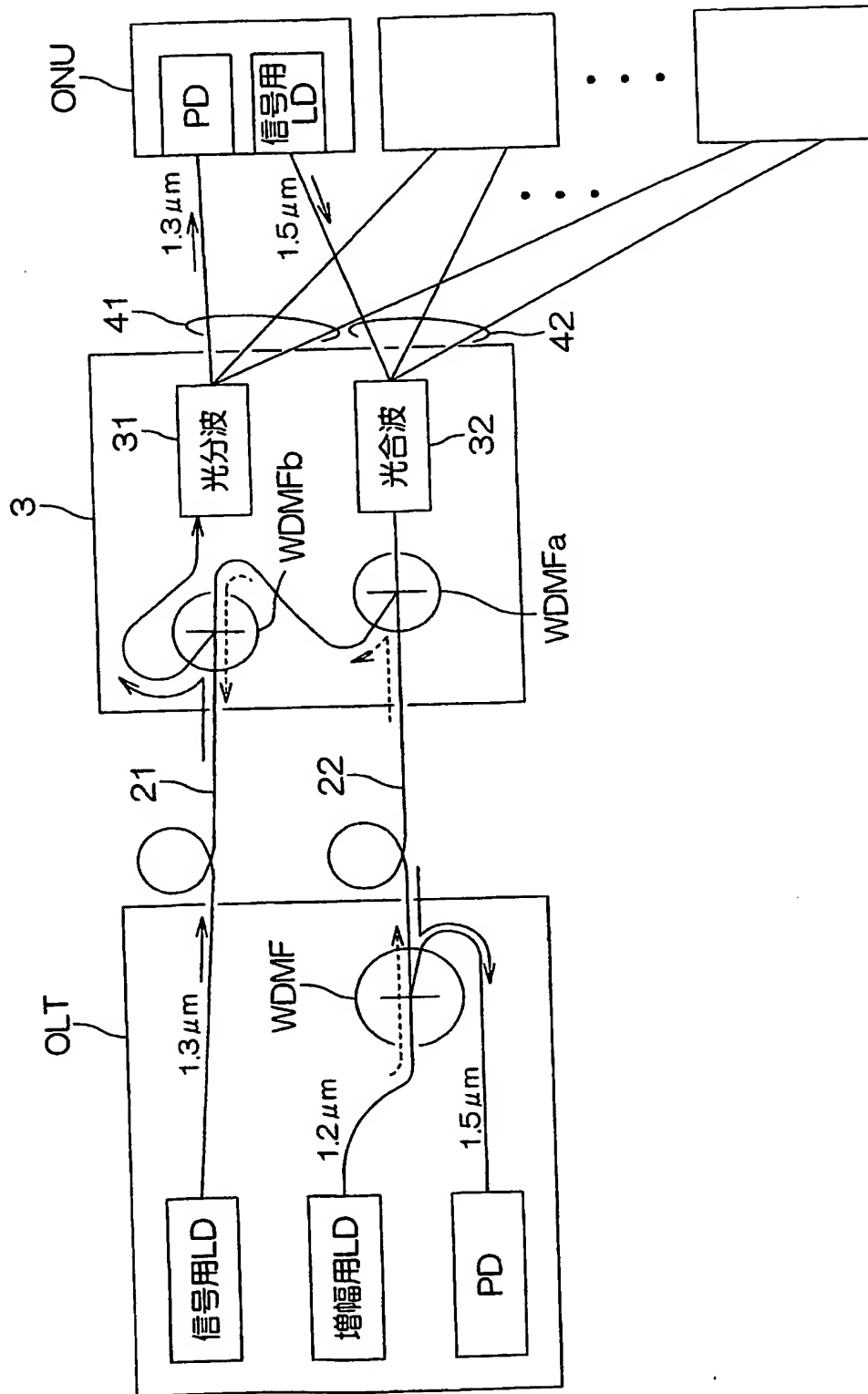
【図 2】



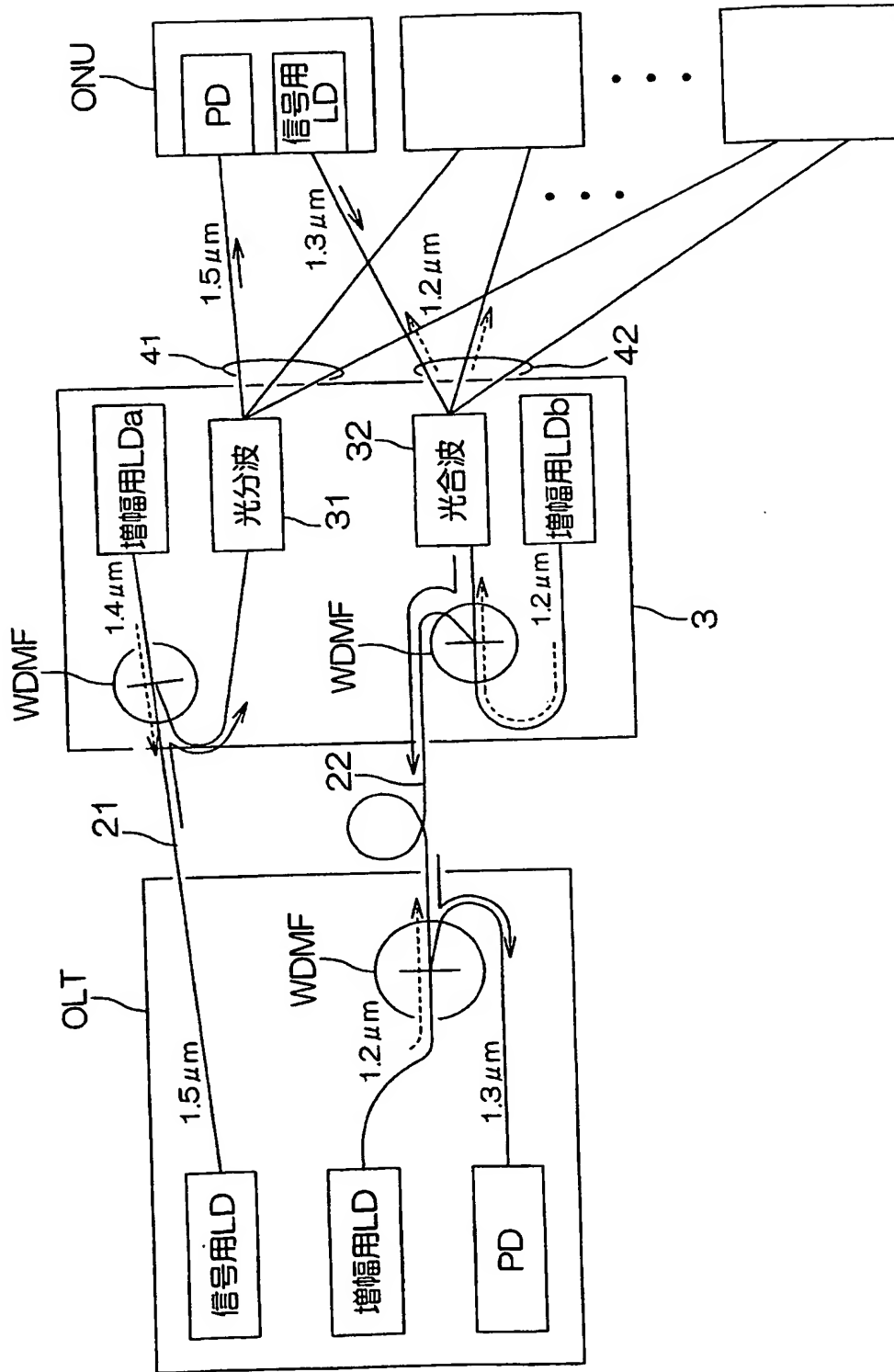
【図 3】



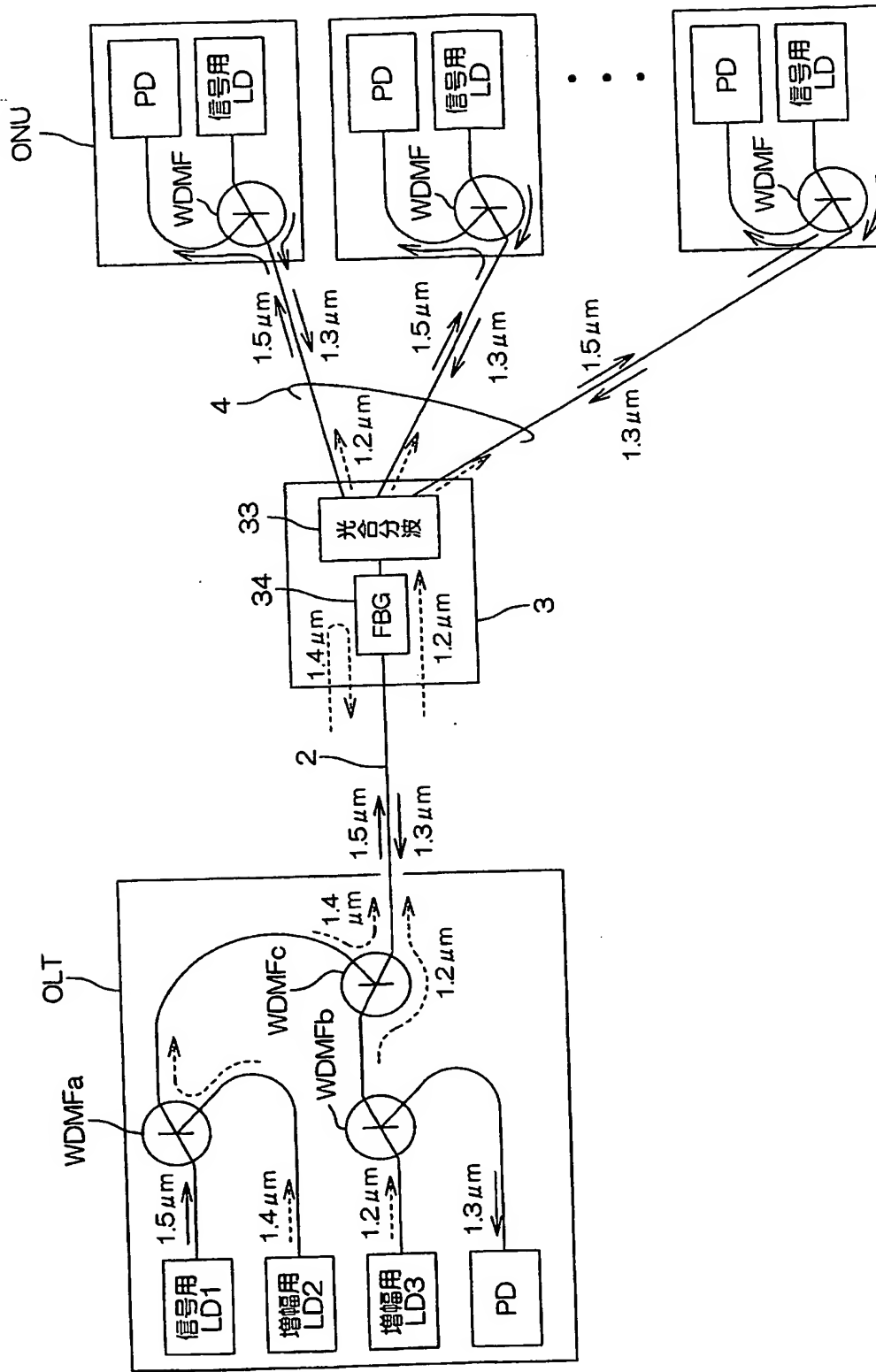
【図 4】



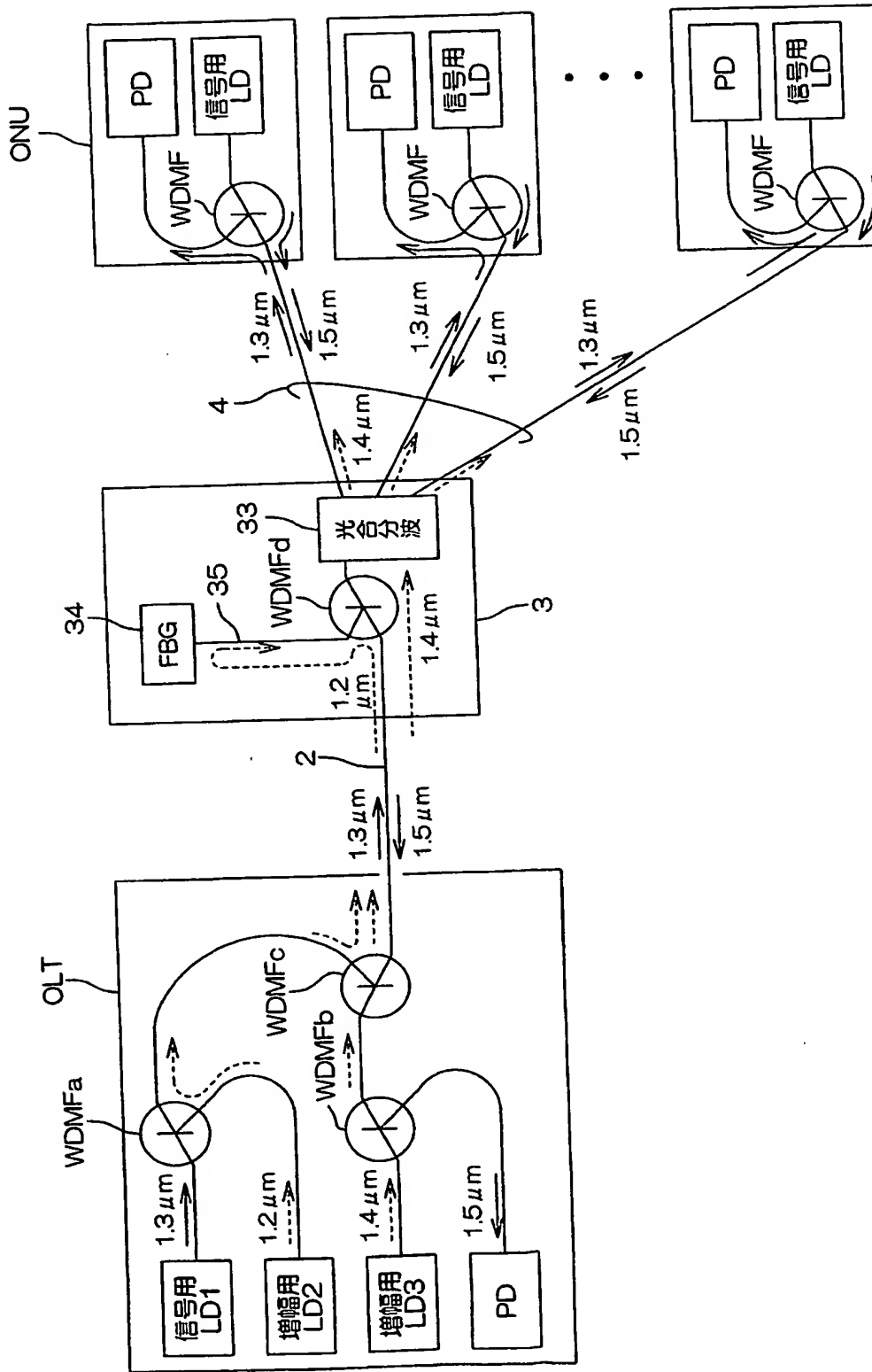
【図 5】



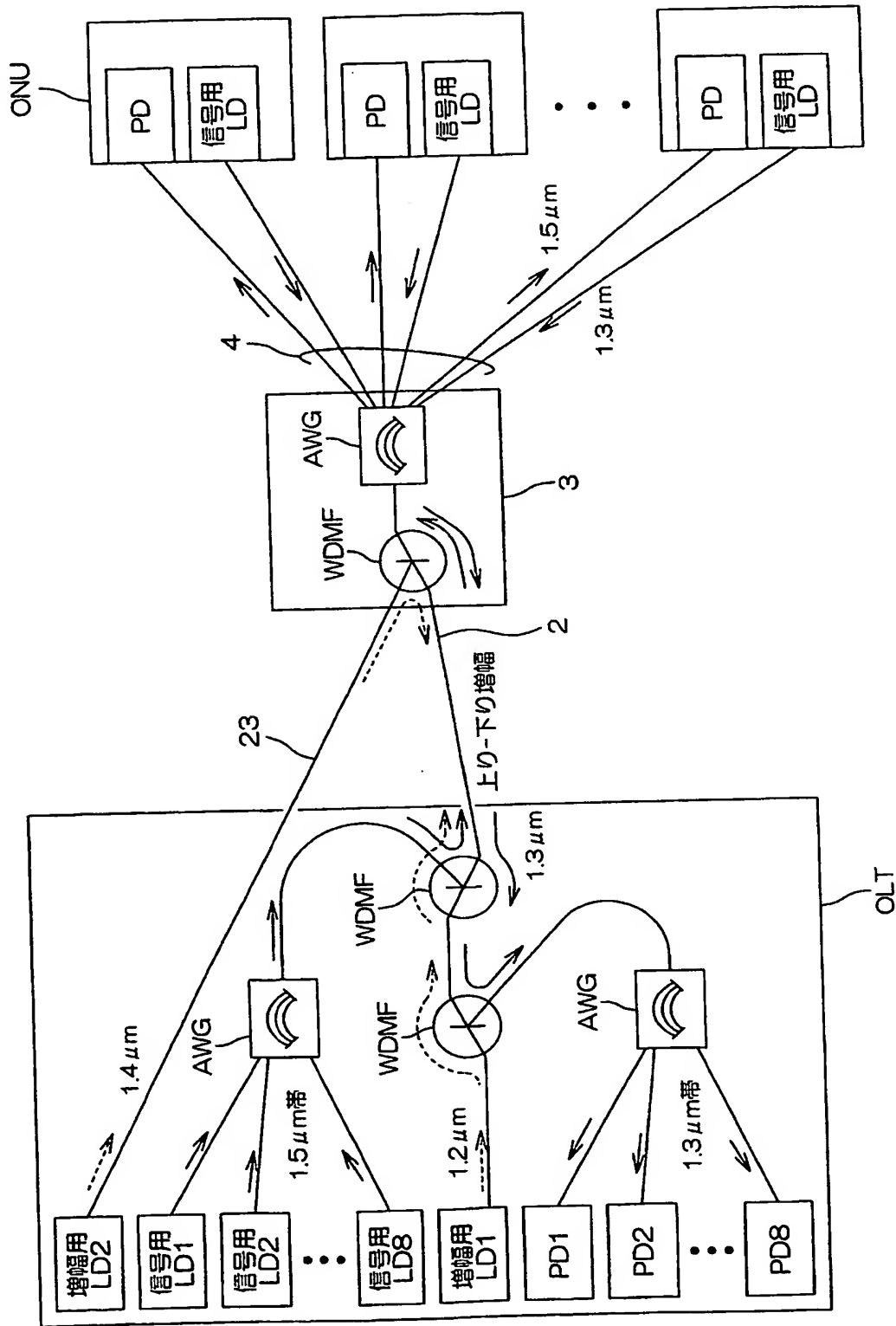
【図 6】



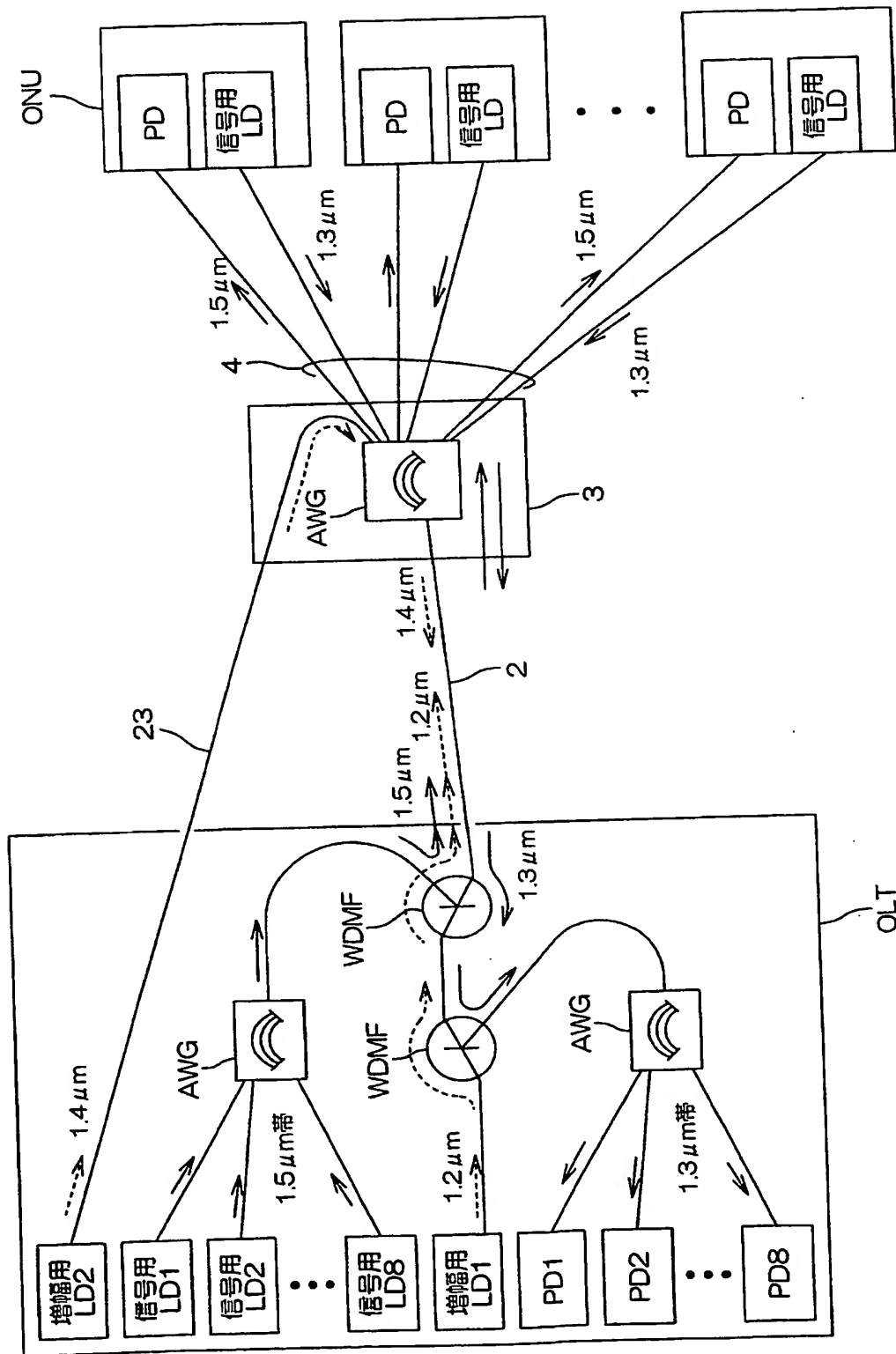
【図 7】



【図 8】

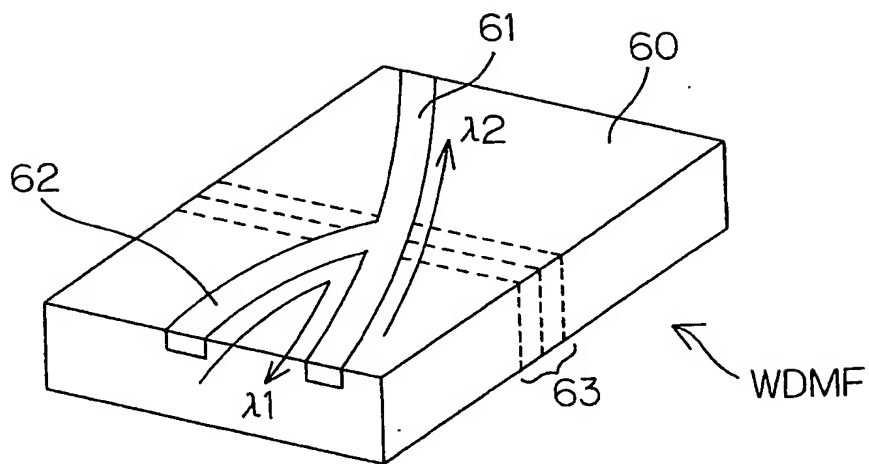


【図 9】

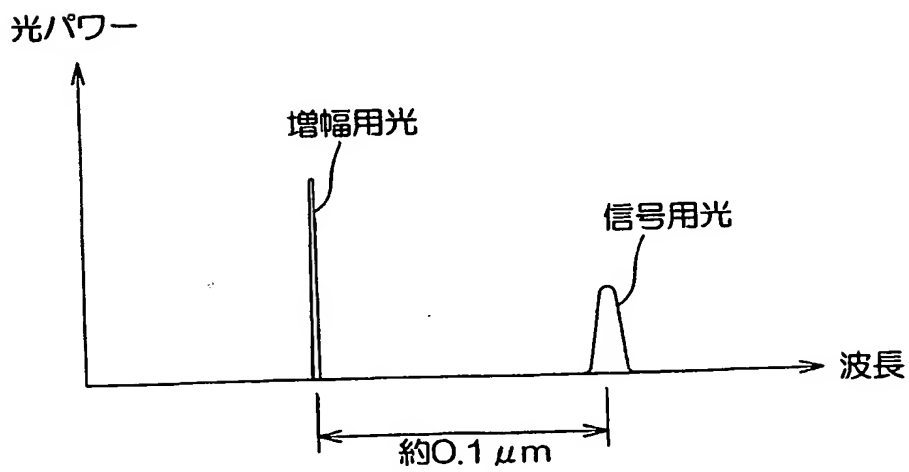




【図10】



【図11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光ファイバーに光増幅機能を持たせることにより、増幅器設置の手間がかからず、また、コストの低下も見込める P O N (Passive Optical Network) システムを提供する。

【解決手段】 光ファイバ 2 2 を伝搬する、光信号を増幅する効果を持つ波長の増幅用光を発生する増幅用レーザダイオード (L D) と、前記増幅用光を光ファイバ 2 2 に注入するための波長多重フィルタ (WDMF) とを備え、光ファイバ 2 2 において、ラマン増幅機能を使って、子局 (O N U) から親局 (O L T) まで伝送される上り光信号を増幅する。

【選択図】 図 2

特願 2 0 0 3 - 0 9 9 5 7 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 2 1 3 0 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番 3 3 号

氏 名

住友電気工業株式会社